

A1

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum: 20. Januar 2000 (20.01.00)

Eine Ladungssteuervorrichtung für eine Hubkolbenbrennkraftmaschine, insbesondere einen Gasmotor, welche Brennkraftmaschine wenigstens einen Zylinder (4) enthält, in dem ein mit einer Kurbelwelle (10) verbundener Kolben (6) arbeitet, welcher Zylinder wenigstens eine Einlaßöffnung (16) aufweist, in der ein entsprechend der Drehung der Kurbelwelle öffnendes und schließendes Einlaßventil (18) arbeitet, das den Zylinder zeitweilig mit einem in der Einlaßöffnung endenden Ansaugkanal (14) verbindet, und wenigstens eine Auslaßöffnung (20) aufweist, in der ein entsprechend der Drehung der Kurbelwelle öffnendes und schließendes Auslaßventil (24) arbeitet, das den Zylinder zeitweilig mit einem von der Auslaßöffnung ausgehenden Auslaßkanal (22) verbindet, ist dadurch gekennzeichnet, daß in dem Einlaßkanal (14) ein von einem Elektromotor (28; 90) betätigtes Drehschieberventil (28, 60, 62) angeordnet ist und ein Steuergerät (26) vorgesehen ist, das den Elektromotor in Abhängigkeit wenigstens von einem Leistungsanforderungsglied (34) derart ansteuert, daß der Schließzeitpunkt des Drehschieberventils bei abnehmender Leistungsanforderung zunehmend vor dem Schließzeitpunkt des Einlaßventils liegt.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

**Ladungssteuervorrichtung für eine sowie Verfahren zum Steuern des
Betriebs einer Hubkolbenbrennkraftmaschine**

Die Erfindung betrifft eine Ladungssteuervorrichtung für eine Hubkolbenbrennkraftmaschine, insbesondere einen Gasmotor, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Die Erfindung betrifft weiter ein Verfahren zum Steuern des Betriebs einer Hubkolbenbrennkraftmaschine, insbesondere eines Gasmotors gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 10.

Einer der Gründe dafür, daß Hubkolbenbrennkraftmaschinen, insbesondere mit einer Drosselklappe gesteuerte, nach dem Viertaktverfahren arbeitende Hubkolbenbrennkraftmaschinen mit abnehmender Last einen zunehmend höheren spezifischen Verbrauch, d.h. Verbrauch je abgegebener Nutzeinheit haben, liegt in den Drosselverlusten. Strömungsabwärts der Drosselklappe bildet sich in dem Volumen des Saugrohrs zwischen der Drosselklappe und dem Einlaßventil bei zunehmend geschlossener Drosselklappe ein zunehmender Unterdruck, der sich während der Zeitdauer, während der das Einlaßventil geschlossen ist, abbaut. Die in dem mit Unterdruck beaufschlagten Volumen gespeicherte Energie geht somit für die Nutzenergie verloren. Der während der Abwärtsbewegung des Kolbens beim Ansaughub erzeugte Unterdruck verursacht eine verlustbehaftete Ladungswechselschleife im p-V-Diagramm.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Ladungssteuervorrichtung für eine Hubkolbenbrennkraftmaschine, insbesondere einen Gasmotor, zu schaffen, mit welcher ein besonders sparsamer Betrieb der Hubkolbenbrennkraftmaschine möglich ist. Der Erfindung liegt weiter die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Steuern des Betriebs einer Hubkolbenbrennkraftmaschine, insbesondere eines Gasmotors, anzugeben, mit welchem ein besonders sparsamer und umweltfreundlicher Betrieb der Hubkolbenbrennkraftmaschine möglich ist.

Der die Vorrichtung betreffende Teil der Erfindungsaufgabe wird mit den Merkmalen des Hauptanspruchs gelöst.

5 Mit Hilfe des erfindungsgemäß im Einlaßkanal vorgesehenen Ventils, das von einem eigenen Elektromotor betätigt wird, ist eine drosselklappenfreie Laststeuerung der Brennkraftmaschine möglich, die durch die mögliche Variabilität der Steuerung des Drehschieber-ventils weitgehend alle thermodynamisch günstigen Ladungssteuerungen ermöglicht.

10 Mit den Merkmalen des Anspruchs 2 wird insbesondere bei Teillast der Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine verbessert bzw. deren Verbrauch vermindert.

Die Ansprüche 3 bis 6 sind auf vorteilhafte konstruktive Details eines Ventils der Ladungssteuervorrichtung gerichtet.

15 Die Ansprüche 7 bis 9 kennzeichnen eine weitere Ausführungsform eines Ventils.

Mit den Merkmalen der Anspruchs 10 ist die Erfindung vorteilhaft für Motoren mit zwei Einlaßventilen je Zylinder verwendbar.

20 Der Anspruch 11 kennzeichnet eine erste Lösung des das Verfahren betreffenden Teils der Erfindungsaufgabe. Durch die besondere Steuerung des Drehschieberventils wird erreicht, daß ein sich zwischen dem Drehschieberventil und dem Einlaßventil im Ansaugkanal einstellender Unterdruck zur Erzeugung einer Druckwelle genutzt wird, die die vom Kolben zu verrichtende Ansaugarbeit vermindert und somit zu einem besonders verbrauchsgünstigen Betrieb beiträgt.

25 Der Anspruch 12 ist auf eine zweite Lösung des auf das Verfahren gerichteten Teils der Erfindungsaufgabe gerichtet, die auch in Kombination mit dem Verfahren gemäß dem Anspruch 10 eingesetzt werden kann. Mit Hilfe der gezielten Beeinflussung der durch die beiden Einlaßöffnungen strömenden Frischluft bzw. Frischladung ist es möglich, bei 30 Schwachlast eine gezielte Verwirbelung der in den Zylinder bzw. den Brennraum einströ-

menden Ladung zu erzeugen, die Voraussetzung für eine schadstoffarme und thermodynamisch günstige vollständige Verbrennung ist.

Die Ansprüche 13 bis 15 kennzeichnen Verfahren, die in Verbindung mit Aufladeeinrichtungen vorteilhaft durchgeführt werden können.

Die Erfindung läßt sich für alle Arten von ventilgesteuerten Hubkolbenbrennkraftmaschinen einsetzen, für Zweitakt-Motore, Viertakt-Motore, Otto-Motore, Diesel-Motore usw..

Die Erfindung wird im folgenden anhand schematischer Zeichnungen beispielsweise und mit weiteren Einzelheiten erläutert.

Es stellen dar:

- Fig. 1 eine Prinzipansicht eines Zylinders einer Hubkolbenbrennkraftmaschine mit einem vorgeschalteten Drehschieberventil,
- Fig. 2 den Betrieb der Maschine gemäß Fig. 1 in unterschiedlichen Betriebsphasen,
- Fig. 3 eine perspektivische Ansicht eines Drehschieberventils in auseinandergezogener Darstellung,
- Fig. 4 eine Schnittansicht eines Drehschieberventils bei einem Zylinder mit zwei Einlaßventilen,
- Fig. 5 eine Prinzipanordnung des Drehschieberventils zur Erläuterung eines Aufladeverfahrens,
- Fig. 6 Arbeitsdiagramme unterschiedlicher Prozeßführungen,
- Fig. 7 eine Schnittansicht einer Ausführungsform eines Drehschieberventils mit inte-

griertem Elektromotor

Fig. 8 eine Registeraufladungseinrichtung und

5 Fig. 9 eine Ausführungsform eines Ventils.

Gemäß Fig. 1 weist eine Brennkraftmaschine, beispielsweise ein mit Gas betriebener, ver-
hältnismäßig langsam laufender Nutzfahrzeugmotor, einen Zylinder 4 auf, in dem ein Kol-
ben 6 arbeitet, der über ein Pleuel 8 eine Kurbelwelle 10 dreht. Mit UT und OT
10 sind die jeweiligen Stellungen bezeichnet, in denen der Kolben 8 seine niedrigste und seine
höchste Stellung einnimmt.

Die Zufuhr von Frischladung in den Brennraum 12 des Zylinders erfolgt durch ein Saug-
rohr 14 hindurch, wobei in der Einlaßöffnung 16, in der das Saugrohr 14 in den Zylinder
15 4 mündet, ein Einlaßventil 18 arbeitet. In der Auslaßöffnung 20, von der ein Auslaßkanal
22 ausgeht, arbeitet ein Auslaßventil 24.

Zur Zündung der Ladung im Brennraum 12 ist eine Zündkerze 26 vorgesehen. Das Einlaß-
ventil 18 und das Auslaßventil 24 werden in an sich bekannter Weise über eine oder meh-
20 reren Nockenwellen gesteuert, die von der Kurbelwelle 10 phasenstarr oder mit veränderli-
cher Phase drehantreibbar ist bzw. sind.

Eine an sich bekannte Einrichtung, in der der Brennstoff (Gas) der Frischluft zugeführt
wird, so daß im Saugrohr 14 brennbare Frischladung einer vorbestimmten Zusammenset-
25 zung (Luftverhältnis) vorhanden ist, ist nicht dargestellt.

Zur Steuerung der beschriebenen Brennkraftmaschine dient, wie an sich bekannt, ein mit
einem Mikroprozessor und zugehörigen Speichern versehenes Steuergerät 26.

30 Der bisher beschriebene Motor ist in seinem Aufbau an sich bekannt und wird daher nicht
weiter erläutert.

Möglichst kurz stromoberhalb der Einlaßöffnung 16 ist im Saugrohr ein Drehschieberventil 28 angeordnet, dessen als Walze ausgebildeter Drehschieber 30 zwei sich gegenüberliegende Öffnungen aufweist, die die beiden durch das Drehschieberventil 28 voneinander getrennten Zweige des Saugrohrs 14 wahlweise miteinander verbinden oder voneinander trennen. Zum Antrieb des Drehschiebers 30 ist ein Elektromotor 32, beispielsweise ein Schrittmotor vorgesehen, der vom Steuergerät 26 angesteuert wird. Das Steuergerät 26 weist mehrere Eingänge auf, unter anderem einen Eingang, der mit einem Fahrpedal 34 verbunden ist. Weitere Eingänge können mit einem Drehzahlsensor zum Erfassen der Drehzahl bzw. Drehstellung der Kurbelwelle 10, einem Temperatursensor usw. verbunden sein.

Vorteilhafterweise ist die Brennkraftmaschine mit einer Aufladung an sich bekannter Art versehen, z.B. einer Abgasturboaufladung oder einer mechanisch angetriebenen Aufladung, so daß im Saugrohr 14 stromoberhalb des Drehschieberventils 28 ein Überdruck vorhanden ist.

Fig. 2 zeigt verschiedene Betriebsphasen der beschriebenen Brennkraftmaschine. Die Steuerung des Einlaßventils 18 und des Auslaßventils 24 ist dabei beispielhaft so, daß das Einlaßventil 27, 5° vor OT öffnet und 38,5° nach UT schließt und daß das Auslaßventil 57° vor UT öffnet und 25° nach OT schließt.

Fig. 2a zeigt den Zustand des Ansaugens, bei dem sich der Kolben 6 bei offenem Einlaßventil 18 und offenem Drehschieberventil 28 bis etwa 45° vor UT abwärts bewegt hat. Bei weiterer Abwärtsbewegung des Kolbens gemäß Fig. 2 schließt das Drehschieberventil 28 so daß in dem Raum stromab des Drehschieberventils ein Unterdruck entsteht, der beim Bewegen des Kolbens über den unteren Totpunkt hinaus in verlustfreier Weise abgebaut wird, bis das Einlaßventil 18 bei 38,5° nach UT schließt.

Gemäß Fig. 2c bleibt das Einlaßventil 18 dann beim nachfolgenden Verdichtungshub des Kolbens geschlossen, wobei Fig. 2c etwa die Stellung zeigt, in der gezündet wird. Während des Arbeitshubs gemäß Fig. 2d sind das Einlaßventil 18 und das Auslaßventil 28 geschlossen und das Drehschieberventil 28 kann ab dann geöffnet werden. Fig. 2e zeigt den

Zustand nach einem Arbeitshub bei offenem Auslaßventil 24 zu Beginn eines Auslaßtaktes mit geschlossenem Einlaßventil 18 und bereits geöffneten Drehschieberventil 28. Wenn der Kolben die Stellung 27.5° vor OT erreicht, öffnet das Einlaßventil 18 und das Auslaßventil 24 schließt bei 25° nach OT, so daß kurz danach die Stellung der Fig. 2a erneut erreicht ist.

Fig. 3 zeigt in perspektivischer Darstellung gemäß a) im zusammengebauten Zustand und gemäß b) in auseinander gezogener Darstellung eine Baugruppe, mit der das bzw. die Drehschieberventile 28 (Fig. 1) an einen nicht dargestellten Zylinderkopf anflanschbar sind.

Ein Gehäuse 40 weist zwei Anschlußflansche 42 und 44 auf, von denen einer an einen nicht dargestellten Zylinderkopf der Brennkraftmaschine anflanschbar ist und an den anderen das Saugrohr (nicht dargestellt) anflanschbar ist. Das Gehäuse 40 weist zwei Durchgangskanäle 46 und 48 auf, die im Zylinderkopf ausgebildeten Anschlußöffnungen entsprechen, in denen zwei voneinander unabhängige Ansaugkanäle enden, die zu zwei Einlaßventilen eines Zylinders führen.

Quer zu den Durchgangskanälen 46 und 48 sind in dem Gehäuse 40 Durchgangsbohrungen 50 und 52 ausgebildet. In jeder der Durchgangsbohrungen 50 und 52 arbeitet ein im folgenden beschriebenes Drehschieberventil, wobei nur das der Durchgangsbohrung 50 zugeordnete Drehschieberventil beschrieben wird.

In die Bohrung 50 ist eine Buchse 54 unter Passung eingesetzt, die zwei sich gegenüberliegende Öffnungen 56 und 58 aufweist. Die Buchse 54 ist im Gehäuse 40 drehfest aufgenommen. Die Öffnungen 56 und 58 fluchten mit dem Durchgangskanal 46 und entsprechen dessen Querschnittsfläche.

In die Buchse 54 ist ein Walzendrehschieber 60 eingesetzt, der mit sich gegenüberliegenden Öffnungen ausgebildet ist, von denen nur die Öffnung 62 sichtbar ist.

Der Walzendrehschieber 60 ist innerhalb der Buchse 54 drehbar und weist an seiner geschlossenen Oberseite einen Zapfen 64 auf, der von einer Verbindungskupplung 66 mitgenommen wird, die in ein mit dem Gehäuse 40 verschraubtes Oberteil 68 eingesetzt ist.

- 5 Der Walzendrehschieber wird mittels Wälzlager 70 auf dem Führungsdorn 69 geführt und gelagert. Der Führungsdorn 69 hat weiterhin die Aufgabe die Gemischströmung zu führen bzw. eine Auffächerung oder Strömungsabriß im Ventil zu verhindern. Dazu ist der Führungsdorn 69 in der Grundplatte 73 fest und verdrehsicher mittels der Nutmutter 74 so positioniert, daß bei Montage (Verschraubung) der Grundplatte 73 an das Ventilgehäuse 40,
10 die Kanaldurchführungen 76 im Führungsdorn 69 und die Kanaldurchführungen 46, 48 im Ventilgehäuse 40 exakt fluchten. Die Bauteile 71, 72 und 75 (Anlaufscheiben und Schrauben) dienen der Positionierung der Wälzlager 70 auf dem Führungsdorn 69. Zur Vermeidung eines Totvolumens im Raum zwischen Führungsdornoberfläche und der inneren Oberfläche des Walzendrehschiebers 60 ist der Außendurchmesser des feststehenden Führungsdornes 60 nur geringfügig kleiner als der Innendurchmesser des rotierenden Walzendrehschiebers 60. Das Spaltmaß zwischen diesen beiden Bauteilen (60 und 69) ist dabei so
15 gewählt, daß sich eine gute Dichtwirkung, bei berührungsfreiem Lauf der Bauteile ergibt.

Die Bauteile 54, 69, 60 und 62 bilden das Drehschieberventil 28 der Fig. 1.

- 20 Wie aus Fig. 3 ersichtlich, können die beiden Durchgangskanäle 46 und 48 durch die in den Durchgangsbohrungen 50 und 52 arbeitenden Drehschieberventile mit jeweils einem eigenen Schrittmotor getrennt und unabhängig voneinander gesteuert werden, so daß beispielsweise bei geringer Lastanforderung (kleine Betätigung des Fahrpedals 34) ein Einlaßkanal des Zylinders ganz verschlossen bleibt, wodurch die dem Zylinder zugeführte Ladung je nach Ausbildung des Einlaßkanals in einer Drallströmung (Wirbelachse parallel zur Bewegungsrichtung des Kolbens) oder einer Tumbleströmung (Wirbelachse senkrecht zur Bewegungsrichtung des Kolbens) einströmt. Mit zunehmender Last werden die beiden Drehschieberventile derart angesteuert, daß sich die durch die beiden Einlaßkanäle einströmenden Ladungen zunehmend angleichen, wodurch die Wirbelbildung im Zylinder bzw.
25 Brennräum hinsichtlich einer optimalen Brenngeschwindigkeit/Brennfunktion dem Betriebs-
30

zustand des Motors angepaßt werden kann. Auf diese Weise lassen sich bei Teillast gute thermodynamische Bedingungen für eine effektive Verbrennung erzielen, ohne daß bei Vollast die Füllung des Zylinders leidet

5 Fig. 4 zeigt eine Seitenansicht auf das Gehäuse 40, teilweise aufgeschnitten. Deutlich sichtbar sind das Gehäuse 40, das Gehäuseoberteil 68, der Zapfen 64 des Walzendreh-
schiebers 60 sowie auf die Verbindungskupplungen 66 aufgesetzte Schrittmotoren 90. Jede
Verbindungskupplung 66 enthält eine Mitnehmerscheibe 80 in die die Motorwelle 82 dreh-
fest eingreift. Die Mitnehmerscheibe 80 ist über ein drehmomentübertragendes, biegewei-
10 ches Bauteil 84 mit einer weiteren Mitnehmerscheibe 86 verbunden, die drehfest bzw.
formschlüssig in den Zapfen 64 des Walzenschiebers 60 eingreift. Auf diese Weise ist eine
biegeweiche und torsionssteife Verbindungskupplung geschaffen.

Wenn bei der beschriebenen Ausführungsform die beiden Schrittmotoren von dem Steuer-
15 gerät 26 unterschiedlich angesteuert werden, beispielsweise derart, daß der dem Durch-
gangskanal 48 (Fig. 3) zugeordnete Walzendreh-schieber den Durchgangskanal 48 früher
schließt als der Durchgangskanal 46 geschlossen wird, so strömt durch den Durchgangska-
nal 46 mehr Frischladung in den Zylinder ein, was bei entsprechender Gestaltung der Ein-
laßkanäle und Einlaßventile zu einer Wirbelbildung im Brennraum führt. Die unterschiedli-
20 che Ansteuerung der Schrittmotoren kann sich auf die Betriebsbereiche des Motors be-
schränken, in denen damit besondere Vorteile erzielt werden, beispielsweise den Schwach-
lastbetrieb. Dieses Ansteuerungskonzept beinhaltet natürlich ebenfalls die Möglichkeit ei-
nen Ansaugkanal mittels des Walzendreh-schiebers komplett zu verschließen, wodurch eine
komplette Kanalabschaltung realisiert wird.

25 Durch die Ansteuerung des oder der Drehschieberventile mit Hilfe der Elektromotoren
bzw. Schrittmotoren 32 (Fig. 1) bzw. 90 (Fig. 4) ist eine weitgehende Freiheit der Öff-
nungs- und der Schließzeitpunkte der Drehschieberventile relativ zu den hinter diesen an-
geordneten Einlaßventilen möglich. Durch zweckentsprechende Auswahl der Saugrohrlän-
30 gen und darauf abgestimmte Öffnungs- und Schließzeitpunkte der Drehschieberventile ist
es beispielsweise möglich, den Unterdruck, der sich in der Arbeitsphase der Fig. 2b zwi-

schen dem Drehschieberventil 28 und dem Einlaßventil 18 bildet, gezielt derart zu nutzen, daß eine sich beim Öffnen des Drehschieberventils und noch geschlossenem Einlaßventil ausbildende Druckwelle zu einem Zeitpunkt das Einlaßventil erreicht, zu dem dieses gerade öffnet, so daß die vom Kolben zu leistende Ansaugarbeit vermindert ist. Weiterhin kann durch die weitgehende Freiheit der Öffnungs- und Schließzeitpunkte der Drehschieberventile relativ zu den hinter diesen angeordneten Einlaßventilen gezielt Einfluß darauf genommen werden, wann eine, durch den angesprochenen Unterdruck erzeugte, und am offenen Ansaugrohr endende reflektierte Welle als Druckwelle gegen Ende des Saughubes am offenen Einlaßventil ankommt, so daß ein Nachladeeffekt erreicht wird, der die Zylinderfüllung erhöht und die aufzubringende Ansaugarbeit vermindert.

In Figur. 5 ist der vorstehend erwähnte Zusammenhang skizziert. Das Drehschieberventil 28 unterteilt das Ansaugrohr 14 mit der Gesamtlänge L und dem Gesamtvolumen V in zwei Teilbereiche I und II mit L_1 , V_1 und L_2 , V_2 . Der im Teilvolumen V_1 bei geschlossenem Drehschieberventil und geschlossenem Einlaßventil gespeicherte Unterdruck, erzeugt, wenn das Drehschieberventil geöffnet wird eine Welle, die am offenen Ansaugrohr endend reflektiert wird, und nach Durchlaufen der gesamten Rohrlänge L als Druckwelle am offenen Einlaßventil 18 ankommt. Position 200 kennzeichnet den Einlaßventilsitz, so daß die wirksame Rohrlänge L durch die Positionen 100 und 200 bestimmt ist. Dieser Effekt läßt sich in weiten Betriebsbereichen des Motors nutzen, da das erforderliche Timing zum Auslösen der Wellenfortpflanzung und der Reflexion am offenen Rohrende durch die variablen Öffnungs- und Schließzeitpunkte des Drehschieberventils 4 gewährleistet werden kann.

Es versteht sich, daß die Variabilität der Öffnungs- und Schließzeitpunkte des bzw. der Drehschieberventile derart ist, daß sowohl der Öffnungszeitpunkt als auch der Schließzeitpunkt das gesamte Öffnungsintervall des Einlaßventils überdecken kann.

Aufgrund der Steuerungsfreiheit sind die Öffnungs- und insbesondere die Schließphasen der schrittmotorgesteuerten Drehschieberventile wesentlich kürzer als bei zwangsgesteuerten (über die Kurbelwelle mit festen Übersetzung angetriebenen) Drehschieberventilen.

Hierdurch verkürzt sich während des Ansaugtaktes die Phase, bzw. der Kolbenweg, während der Drehschieberventil-Querschnitt bedingte Drosselverluste entstehen.

Mit Vorteil ist das erfindungsgemäße System für aufgeladene Motoren einsetzbar.

- 5 Der Vorteil des erfindungsgemäßen Systems für aufgeladene Motoren wird dadurch geprägt, daß die Funktion der Aufladungsbegrenzung, welche normalerweise von einem Wastegateventil (Umleiten des Abgasstromes am Turbinenrad vorbei) ausgeübt wird, durch gezielte Steuerung des bzw. der Drehschieberventile übernommen wird. Hierbei wird bei Erreichen oder/und Überschreiten des maximalen Aufladedrucks, der Schließzeitpunkt der
- 10 Drehschieberventile nach früh verstellt. Dadurch wird die Zylinderladung und dadurch bedingt die an den Turbolader zugeführte Energiemenge verringert. Durch dieses Verfahren wird immer, durch maximale Entspannung des Abgasmassenstromes, die maximale erreichbare Verdichterarbeit im Verdichter des Turboladers geleistet. Es geht keine Energie über das Wastegateventil verloren. Durch gezielte Frühverstellung der Drehschieberventile wird
- 15 die gewünschte Zylinderladungsmenge betriebspunktspezifisch bei einer optimalen Druckdifferenz zwischen Ladedruck und Abgasgegendruck dem Zylinder zugeführt. Obengenannte optimale Druckdifferenz verursacht ggf einen positiven arbeitsliefernden Ladungswechselanteil im PV-Diagramm. Dieses Verfahren ist bekannt unter dem Begriff Miller Zyklus. Das erfindungsgemäße System stellt eine spezifische Realisierung des Miller Cycle dar.

20

Fig. 6 zeigt Arbeitsdiagramme, wobei die Senkrechte den Logarithmus des Druckes P im Arbeitsraum des Zylinders angibt und die Waagrechte das Volumen V des Arbeitsraums. OT und UT gibt jeweils den oberen Totpunkt und den unteren Totpunkt des Kolbens an.

- 25 Fig. 6a zeigt das Arbeitsdiagramm eines Drosselklappen gesteuerten Viertaktmotors. Die einzelnen Kurvenzüge bedeuten:

- 1-2: polytrope Kompression
- 2;3: isochore Wärmezufuhr mit Freisetzung der Verbrennungswäre Q ,
- 30 3;4: polytrope Expansion (Arbeitsleistung),
- 4;5: isochore Wärmeabfuhr (Auslaß öffnet),

5-6-7: isobare Verdichtung (Auslaßhub),
7;8: Einlaßöffnung
8-1: isobares Ansaugen.

- 5 Die gestrichelte Fläche gibt die Pumpverlustarbeit an; die straffierte Fläche gibt die Arbeitsleistung an.

Fig. 6b zeigt das Arbeitsdiagramm bei Leistungssteuerung durch variables Schließen des Einlaßventils. Der Unterschied zur Fig. 6a liegt darin, daß der Ausschubhub 5-7 und der
10 Ansaughub 7-6' bei gleichem Druckniveau erfolgen, und daß die polytrope Expansion 6'-1 und die polytrope Kompression 1-6' bei gleichem Druck erfolgen, so daß die Pumpverlustfläche zu Null wird. Der Punkt 6 bzw. 6' (Schließen des Einlaßventils) ist variabel.

Fig. 6c zeigt den klassischen Miller-Zyklus, bei dem wie bei den Fig. 6a und 6b im UT
15 nach der polytropen Expansion von 3 nach 4 eine Wärmemenge Q_a abgegeben wird. Der Auslaßhub von 5 nach 7 findet bei einem verhältnismäßig geringen Abgasgegendruck statt. Der Ansaughub von 8 nach 9 findet bei einem höheren, vom Aufladesystem erzeugten Druck statt, so daß in der schräg straffierten Fläche im Gegensatz zum Verfahren nach Fig. 6a Arbeit gewonnen wird. 9 bezeichnet den Punkt, an dem das Einlaßventil geschlos-
20 sen wird.

Fig. 6d gibt das Arbeitsdiagramm für einen Miller-Zyklus an, bei dem das Schließen des Einlaßventils (Punkt 9) variabel ist, wodurch der gesamte Arbeitszyklus weiter optimiert werden kann.

25

Fig. 7 zeigt eine Schnittansicht eines gegenüber Fig. 3 abgeänderten Drehschieberventils. Funktionsähnliche Bauteile sind mit gleichen Bezugszeichen wie in Fig. 3 belegt. Der Walzendrehschieber 60 mit der Öffnung 62 ist drehbar in dem Gehäuse 40 aufgenommen, das die Anschlußflansche 42 und 44 aufweist. Das Gehäuse 42 ist beidseitig mit Deckeln 102
30 verschlossen. Innerhalb der Deckel 102 sind Lagerringe 104 angeordnet, mittels derer der Rotor bzw. Walzendrehschieber 60 in dem Gehäuse 40 drehbar gelagert ist.

Im Unterschied zur Ausführungsform gemäß Fig. 3 und 4 ist der als Schrittmotor ausgebildete Elektromotor in das Drehschieberventil integriert, in dem Rotorspulen 106 mit sich abwechselnden Nord- und Südpolen starr mit dem Rotor bzw. Walzendrehschieber 60 verbunden sind. Statorspulen 108 des Elektromotors sind fest mit dem Gehäuse 40 verbunden und in entsprechenden Ausnehmungen des Gehäuses 40 angeordnet.

Mit der beschriebenen Anordnung ist ein außerordentlich kompaktes Drehschieberventil mit integriertem Schrittschaltmotor geschaffen. Die elektrischen Anschlüsse zur Ansteuerung der Statorspulen 108 mittels eines Steuergerätes sind nicht dargestellt.

10

Fig. 8 zeigt einen mit Drehschieberventilen zur Laststeuerung ausgerüsteten 6-Zylinder-Motor mit einer zusätzlichen Registeraufladeeinrichtung.

Der Motor weist zwei Zylinderbänke 112 mit je drei Zylindern auf, die über Saugrohre 114 mit einem Gemisch- bzw. Luftverteiler 116 verbunden sind.

15

In jedem der Saugrohre arbeiten entsprechend den zwei je Zylinder vorgesehenen Einlassventilen 2 elektrisch betätigbare Drehschieberventile 118.

Die Abgasleitungen 120 aller Zylinder sind in einem Sammler 122 zusammengeführt und werden zum Antrieb von zwei Turboladern 124 und 126 genutzt.

20

Vom Abgassammler 122 führt eine Leitung 130 zur Abgasturbine 131 des Turboladers 126 und von dort eine weitere Leitung 132 zur Abgasturbine 133 des Turboladers 124, von wo aus eine Abgasleitung 134 zu einem nicht dargestellten Schalldämpfer führt. In der Leitung 130 ist ein elektrisch betätigbares Verteilerventil 140 angeordnet, mit dem ein Teil des vom Sammler 122 kommenden Abgasstroms in eine Zweigleitung 142, die in die Abgasturbine des Turboladers 124 mündet.

25

Die Ladungsversorgung der Brennkraftmaschine geschieht dadurch, daß Frischluft durch einen Luftfilter 150 angesaugt wird, der Frischluft in einer Mischeinheit 152 Gas in einem

30

vorbestimmten Verhältnis, das von Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine abhängen kann, zugemischt wird, die Ladung anschließend in der Laderturbine 154 des Turboladers 124 verdichtet wird, die verdichtete Ladung über eine Leitung 156 durch einen Ladeluftkühler 158 hindurch der Laderturbine 160 des Abgasturboladers 126 zugeführt wird und von dort durch einen weiteren Ladeluftkühler 162 hindurch dem Luftverteiler 116 zugeführt wird.

Zur Steuerung der Drehschieberventile 118, des Verteilerventils 140 sowie ggf. von Schaufelstellungen in den Einlässen der Abgasturbinen 131 und 133 der Turbolader 124 und 126 falls diese mit variabler Turbinengeometrie ausgestattet sind, dient ein elektronisches Steuergerät 164, dessen Eingänge mit Sensoren zur Erfassung von Betriebsparametern der Brennkraftmaschine und der Stellung eines Gaspedals 166 verbunden sind und dessen Auslässe mit den genannten elektrisch ansteuerbaren Bauteilen verbunden sind. Die elektrischen Leitungen sowie die Sensoren sind der Einfachheit halber nicht eingezeichnet.

In dem Steuergerät 164 sind die Parameter zur Einstellung der Drehschieberventile 118, des Verteilerventils 140 sowie ggf. der Einlaßgeometrien der Turbolader 124 und 126 in Abhängigkeit von den Betriebsparametern der Brennkraftmaschine derart gespeichert, daß die Öffnungs- und Schließzeitpunkte der Drehschieberventile 118 sowie die jeder Abgasturbine zugeführte Abgasmenge und ggf. die Turbinengeometrie optimal derart aufeinander abgestimmt sind, daß die geforderte Leistung mit best möglichem Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine erzeugt wird.

Fig. 9 zeigt eine abgeänderte Ausführungsform eines im Saugrohr 14 (Fig. 1) angeordneten Ventils.

Gemäß Fig. 9 weist das Saugrohr 14 eine im Längsschnitt durch das Saugrohr mäanderförmige Trennwand 270 auf, in der quer zur axialen Richtung des Saugrohrs im dargestellten Beispiel vier Ventilöffnungen 272 ausgebildet sind. Quer durch das Saugrohr und die Ventilöffnungen hindurch erstreckt sich ein insgesamt mit 274 bezeichnetes Ventilglied, das einen Schaft 276 und daran starr angebrachte, den Schaft umschließende Scheiben 278

aufweist. Die Anordnung ist derart, daß sich in der in Fig. 9 dargestellten, geöffneten Stellung des Ventils oberste und drittoberste Scheiben 278 bezogen auf die Einlaßströmung durch das Saugrohr stromab der zugehörigen Ventilöffnungen 272 befinden und die beiden anderen Scheiben 278 sich stromoberhalb der zugehörigen Ventilöffnungen 272 befinden.
5 Der Durchmesser der Scheiben 278 entspricht etwa dem Durchmesser der Ventilöffnungen 272, so daß das Ventil geschlossen ist, wenn sich der Schaft 276 zusammen mit den Scheiben 278 gemäß Fig. 9 soweit aufwärts bewegt hat, daß sich die Scheiben 278 innerhalb der Öffnungen 272 befinden. Die Scheiben 278 sind vorteilhafterweise strömungsgünstig geformt.

10

Zur Betätigung des Ventils weist der Schaft 276 außerhalb des Saugrohrs 14 einen zylindrischen Ansatz 280 auf, in dem eine Spule 282 aufgenommen ist, die von einem vorzugsweise als Elektromagnet ausgebildeten Magneten 284 umschlossen wird, der in einem am Saugrohr befestigten Gehäuse 286 aufgenommen ist.

15

Der Schaft 276 ist im Saugrohr 14 in Buchsen 288 längsverschiebbar geführt. Der zylindrische Ansatz 280 ist derart ausgebildet, daß die Hubbewegung des Schaftes 276 bzw. des Ventilglieds 274 durch seinen Anschlag einerseits an der Außenseite des Saugrohrs 14 und andererseits an einem in ihn einragenden Ansatz des Gehäuses 286 begrenzt ist.

20

Eine Feder 290 drängt das Ventilglied 274 in seine offene Stellung.

Die Funktion des beschriebenen Ventils ist wie folgt:

25 Die Spule 282 ist an das Steuergerät 26 (Fig. 1) angeschlossen. Das Ventil ist unter Wirkung der Feder 290 normalerweise offen. Durch Beaufschlagung der Spule 282 mit entsprechendem Strom wird das Ventilglied gemäß Fig. 9 nach oben in eine Stellung bewegt, in der sich die Scheiben 278 innerhalb der Ventilöffnungen 272 befinden und einen Durchfluß von Fluid durch die Ventilöffnungen sperren. Wie ersichtlich, wirkt in der
30 Schließstellung des Ventils, wenn beispielsweise links vom Ventil ein Überdruck herrscht, dieser Überdruck auf die oberste und die drittoberste Scheibe derart, daß das Ventilglied

nach unten gedrückt wird, wohingegen der Überdruck auf die unterste und drittunterste Scheibe derart wirkt, daß er das Ventilglied nach oben drückt, so daß das Ventilglied insgesamt unabhängig von der Druckdifferenz kräftefrei ist.

- 5 Ein Vorteil, der mit dem geschilderten Ventil erzielt wird, liegt darin, daß es außerordentlich rasch aus der Schließstellung in die Öffnungsstellung und umgekehrt bewegbar ist, so daß eine präzise Steuerung mit geringstmöglichen Strömungsverlusten möglich ist.

- Bei einer bevorzugten, dargestellten Ausführungsform ist der Schaft 276 mit einem
10 Stellwegsensor 291 verbunden. Dieser Stellwegsensor 291 liefert Information über die exakte momentane Position des Schafts 276 bzw. der Scheiben 278. Das Steuergerät 26 regelt den Strom durch die Spule 282 derart, daß die Ist-Position der Ventilkörper (276, 278) in jeden Zeitpunkt des Bewegungsablaufintervalls der im Steuergerät einprogrammierten Soll-Position entspricht. Hierdurch wird gewährleistet, daß bei Mehrzylindermotoren
15 die Füllungsmenge pro Zylinder gleich ist bei gleichen Steuerzeiten.

- Es versteht sich, daß die elektromagnetische Betätigung in unterschiedlichster Weise variiert werden kann, indem beispielsweise der zylindrische Ansatz 280 als Magnetanker ohne eigene Spule ausgebildet ist. Die dargestellte Ausführungsform (voice coil) hat den
20 Vorteil sehr geringer magnetischer Trägheit. Das Ventilglied kann zusammen mit der Trennwand derart abgeändert werden, daß es die Ventilöffnungen bei einer Drehung um 90 ° verschließt bzw. öffnet.

- Das Ventil der Fig. 9 kann anstelle der Ventile der vorgenannten Ausführungsformen
25 verwendet werden, so daß die mit der Erfindung erzielten Funktionsvorteile auch mit einem Ventil gemäß der Fig. 9 erzielbar sind. Der Schließzeitpunkt des Ventils liegt bei abnehmender Leistungsanforderung zunehmend vor dem Schließzeitpunkt des Einlaßventils. Der Öffnungszeitpunkt wird unabhängig vom Schließzeitpunkt an die Motordrehzahl angepaßt, um den weiter oben beschriebenen Aufladeeffekt bei verminderter Ansaugarbeit
30 zu erzielen.

Vorteilhaft ist, wenn der Öffnungszeitpunkt des Ventils bei gleichbleibendem Schließzeitpunkt bzw. gleichbleibender Zylinderfüllmenge (Luftaufwand) derart verändert wird, daß der Aufladeeffekt auch bei Teillast zur Optimierung des Ladungswechsels genutzt wird.

- 5 Der geschilderte Effekt kann als Teillast-Resonanzaufladung zur Minimierung der Ladungswechselverluste bezeichnet werden.

Patentansprüche

1. Ladungssteuervorrichtung für eine Hubkolbenbrennkraftmaschine, insbesondere einen Gasmotor, welche Brennkraftmaschine wenigstens einen Zylinder (4) enthält, in dem
5 ein mit einer Kurbelwelle (10) verbundener Kolben (6) arbeitet, welcher Zylinder wenigstens eine Einlaßöffnung (16) aufweist, in der ein entsprechend der Drehung der Kurbelwelle öffnendes und schließendes Einlaßventil (18) arbeitet, das den Zylinder zeitweilig mit einem in der Einlaßöffnung endenden Ansaugkanal (14) verbindet, und wenigstens eine
10 Auslaßöffnung (20) aufweist, in der ein entsprechend der Drehung der Kurbelwelle öffnendes und schließendes Auslaßventil (24) arbeitet, das den Zylinder zeitweilig mit einem von der Auslaßöffnung ausgehenden Auslaßkanal (22) verbindet,
dadurch gekennzeichnet,
daß in dem Einlaßkanal (14) ein von einem Elektromotor (28; 90; 282, 284) betätigtes Ventil (28; 60; 62; 278,272) angeordnet ist und
15 ein Steuergerät (26) vorgesehen ist, das den Elektromotor in Abhängigkeit wenigstens von einem Leistungsanforderungsglied (34) derart ansteuert, daß der Schließzeitpunkt des Ventils bei abnehmender Leistungsanforderung zunehmend vor dem Schließzeitpunkt des Einlaßventils liegt.
- 20 2. Ladungssteuervorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Öffnungszeitpunkt des Ventils bei gleichbleibendem Schließzeitpunkt bzw. gleichbleibender Zylinderfüllmenge (Luftaufwand) in Abhängigkeit von der Motordrehzahl derart verändert wird, daß insbesondere bei Teillast der Ladungswechsel optimiert
25 wird.
3. Ladungssteuervorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, daß das Ventil (28; 60, 62) einen innerhalb eines Gehäuses (40) gelagerten Drehschieber (30; 60) aufweist, der direkt von dem als Schrittmotor (32; 90) ausgebildeten Elektromotor angetrieben ist.
30

4. Ladungssteuervorrichtung nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Drehschieber (60) und dem Elektromotor (90) eine drehsteife und biegeeweiche Verbindungskupplung (66) angeordnet ist.
- 5 5. Ladungssteuervorrichtung nach Anspruch 3 oder 4,
dadurch gekennzeichnet, daß der Drehschieber (60) mit dem als Magnetpolträger ausgebildeten Rotor (60) des Elektromotors eine konstruktive Einheit bildet.
- 10 6. Ladungssteuervorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (40) und der als Magnetfeldspulenträger ausgebildete Stator des Elektromotors eine konstruktive Einheit bildet.
- 15 7. Ladungssteuervorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Ventilglied (274) des Ventils einen von dem Elektromotor (282, 284) betätigten Schaft (276) und wenigstens zwei starr mit dem Schaft verbundene Schließglieder (278) aufweist, die mit zugehörigen in einer Trennwand (270) des Einlaßkanals (14) angeordneten Ventilöffnungen (272) derart zusammenwirken, daß sich die an den
20 Schließgliedern wirksamen Druckunterschiede kompensieren.
8. Ladungssteuervorrichtung nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Schaft (276) den Einlaßkanal (14) quer durchdringt und mittels des als
25 Hubmagnetvorrichtung (282, 284) ausgebildeten Elektromotors in seiner Längsrichtung beweglich ist, und
daß die Schließglieder als den Schaft umschließende Scheiben (278) ausgebildet sind, die in der im Längsschnitt durch den Einlaßkanal mäanderförmige Trennwand (270) vorgesehen sind, wobei bezogen auf die Richtung der Strömung durch den Einlaßkanal die
30 Scheiben in geöffnetem Zustand des Ventils auf unterschiedlichen Seiten der Ventilöffnungen angeordnet sind.

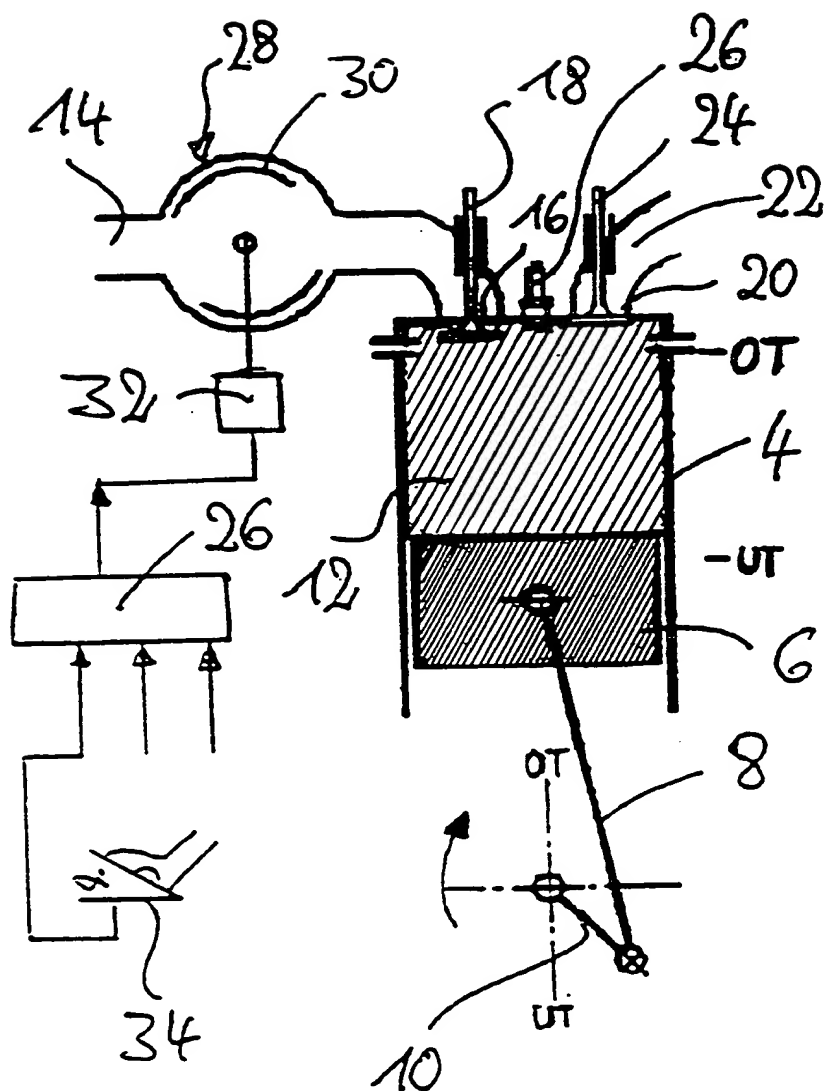
9. Ladungssteuervorrichtung nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, daß
vier Ventilöffnungen (272) mit zugehörigen Scheiben (278) vorgesehen sind.
- 5 10. Ladungssteuervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
daß jeder Zylinder zwei Einlaßöffnungen mit zugehörigen Einlaßventilen auf-
weist, und daß in jedem, zu einer der Einlaßöffnungen führenden Einlaßkanal (46, 48) ein
eigenes Drehschieberventil (54, 60) mit zugehörigem Elektromotor (90) angeordnet ist.
- 10 11. Verfahren zum Steuern des Betriebs einer Hubkolbenbrennkraftmaschine, insbe-
sondere eines Gasmotors, welche Brennkraftmaschine wenigstens einen Zylinder (4) ent-
hält, in dem ein mit einer Kurbelwelle (10) verbundener Kolben (6) arbeitet, welcher Zy-
linder
- 15 wenigstens eine Einlaßöffnung (16) aufweist, in der ein entsprechend der Dre-
hung der Kurbelwelle öffnendes und schließendes Einlaßventil (18) arbeitet, das den Zylin-
der zeitweilig mit einem in der Einlaßöffnung endenden Ansaugkanal (14) verbindet, und
wenigstens eine Auslaßöffnung (20) aufweist, in der ein entsprechend der Drehung der
Kurbelwelle öffnendes und schließendes Auslaßventil (24) arbeitet, das den Zylinder zeit-
20 weilig mit einem von der Auslaßöffnung ausgehenden Auslaßkanal (22) verbindet, wobei
ein Leistungsanforderungsglied (34) vorgesehen ist, dessen Stellung die Menge der durch
die Einlaßöffnung strömenden Frischluftladung bestimmt,
dadurch gekennzeichnet,
daß ein in dem Ansaugkanal (14) arbeitendes Drehschieberventil (28; 60, 62)
- 25 in Abhängigkeit zumindest von der Stellung des Leistungsanforderungsgliedes (34) derart
gesteuert wird, daß mit zunehmend geringerer Leistungsanforderung das Drehschieberven-
til zunehmend früher als das Einlaßventil (18) öffnet, und
- 30 daß das Drehschieberventil derart öffnet, daß die Überdruckphase einer infolge
der an ihm bei seiner Öffnung wirksamen Druckdifferenz entstehenden Druckwelle durch
das offene Einlaßventil hindurch in den Zylinder gelangt.

12. Verfahren zum Steuern des Betriebs einer Hubkolbenbrennkraftmaschine, insbesondere eines Gasmotors, welche Brennkraftmaschine wenigstens einen Zylinder (4) enthält, in dem ein mit einer Kurbelwelle (10) verbundener Kolben (6) arbeitet, welcher Zylinder
- 5 wenigstens zwei Einlaßöffnungen (16) aufweist, in denen je ein entsprechend der Drehung der Kurbelwelle öffnendes und schließendes Einlaßventil (18) arbeitet, das den Zylinder zeitweilig mit einem in der Einlaßöffnung endenden Ansaugkanal (14) verbindet, und wenigstens eine Auslaßöffnung (20) aufweist, in der ein entsprechend der Drehung der Kurbelwelle öffnendes und schließendes Auslaßventil (24) arbeitet, das den Zylinder
- 10 zeitweilig mit einem von der Auslaßöffnung ausgehenden Auslaßkanal (22) verbindet, wobei ein Leistungsanforderungsglied (34) vorgesehen ist, dessen Stellung die Menge der durch die Einlaßöffnung strömenden Frischluftladung bestimmt,
- dadurch gekennzeichnet,
- daß je ein in einem Ansaugkanal (46, 48) arbeitendes Drehschieberventil (60,
- 15 62) unabhängig voneinander in Abhängigkeit zumindest von der Stellung des Leistungsanforderungsglieds (34) derart gesteuert werden, daß bei geringer Leistungsanforderung die Menge der durch die beiden Einlaßöffnungen strömenden Frischluft unterschiedlich ist.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12,
- 20 dadurch gekennzeichnet,
- daß das Fördervolumen und/oder der Förderdruck einer Aufladeeinrichtung ausschließlich durch das bzw. die Drehschieberventil(e) (60, 62) bestimmt wird.
14. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12,
- 25 dadurch gekennzeichnet,
- daß mehrere Abgasturbolader mit in Reihe geschalteten Abgasturbinen und in Reihe geschalteten Laderturbinen vorgesehen sind, und daß ein Abgasverteilterventil zum unmittelbaren Beaufschlagen der nachgeschalteten Abgasturbine mit Abgas in Abstimmung mit der Steuerung des bzw. der Drehschieberventils(e) gesteuert wird.
- 30 15. Verfahren nach Anspruch 14,

dadurch gekennzeichnet,

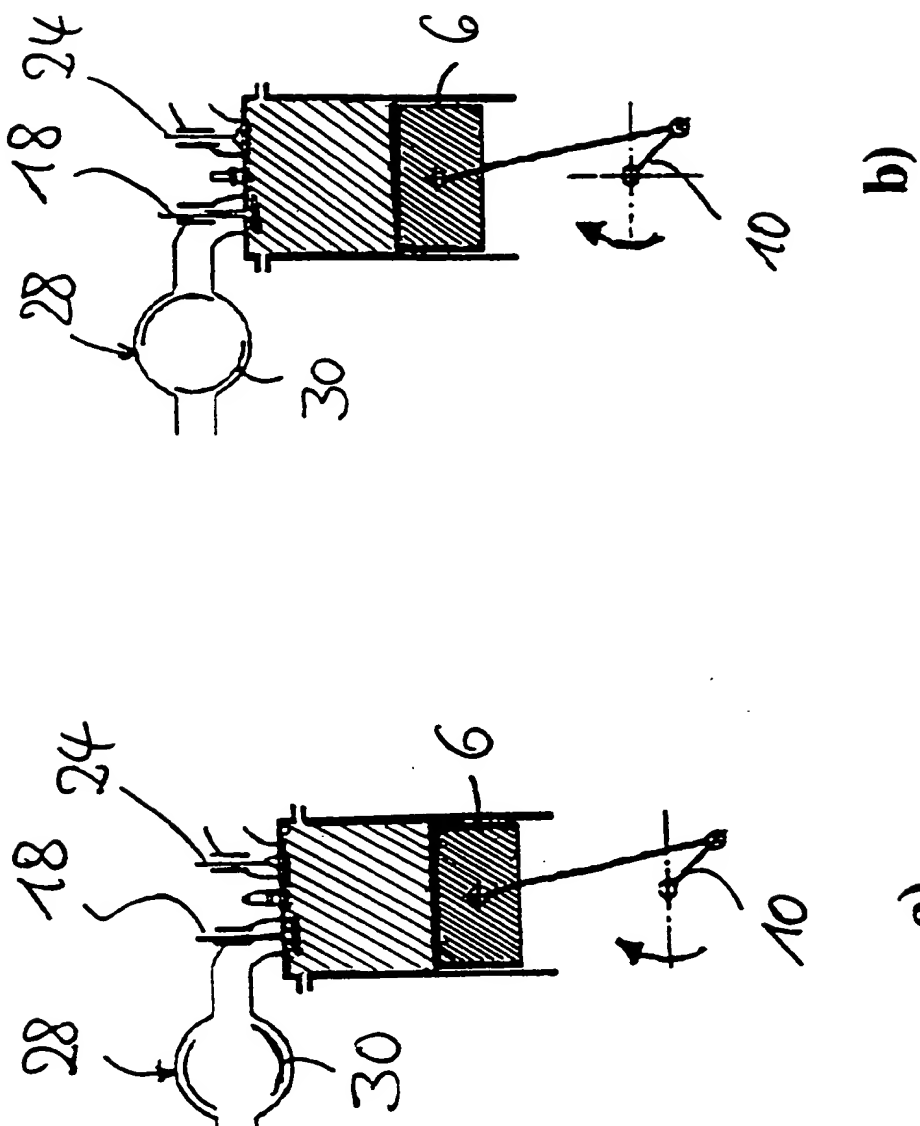
daß die Abgasturbinen eine variable Einlaßgeometrie aufweisen, die in Abstimmung mit dem bzw. den Drehschieberventil(en) angesteuert werden.

This Page Blank (uspte)

Fig. 1

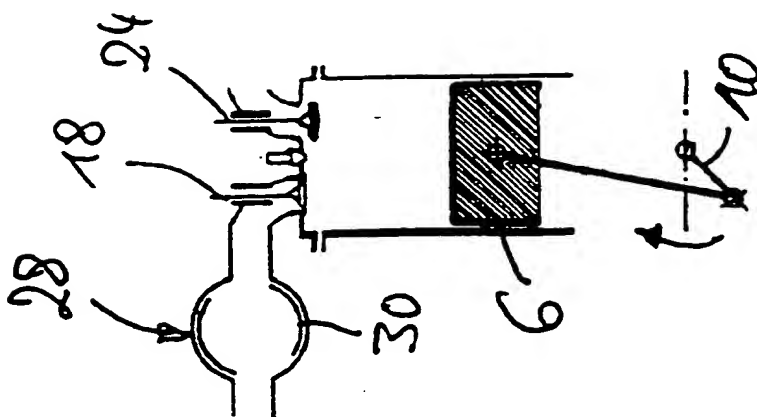
THIS PAGE BLANK (USPIC)

Fig. 2

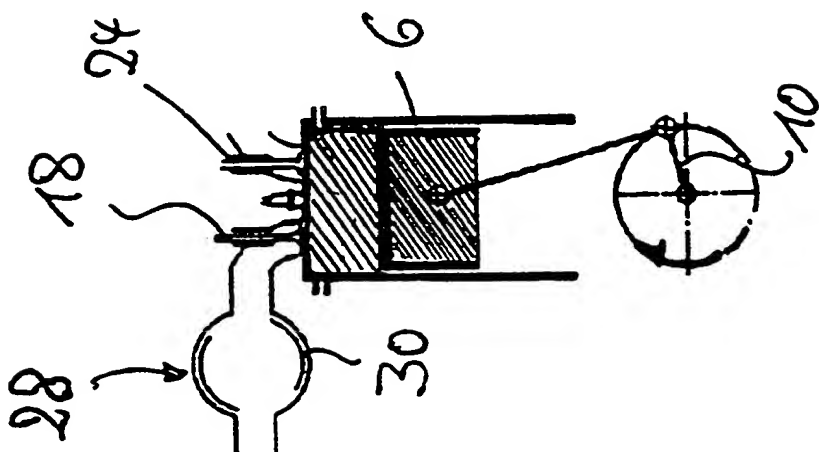


This Page Blank (USPIC)

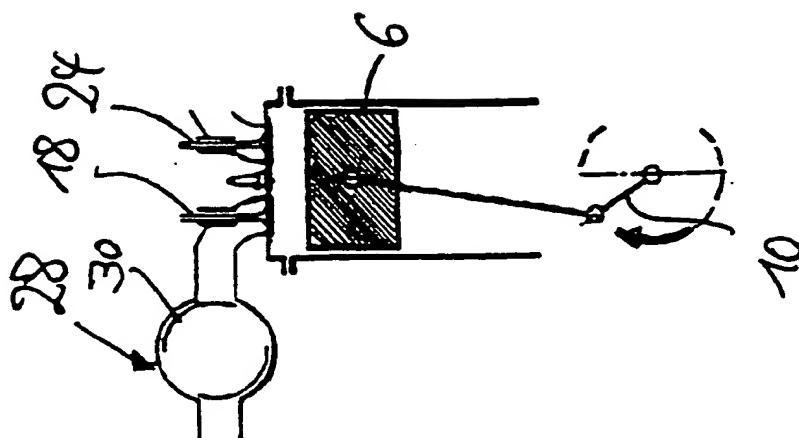
Fig. 2



e)

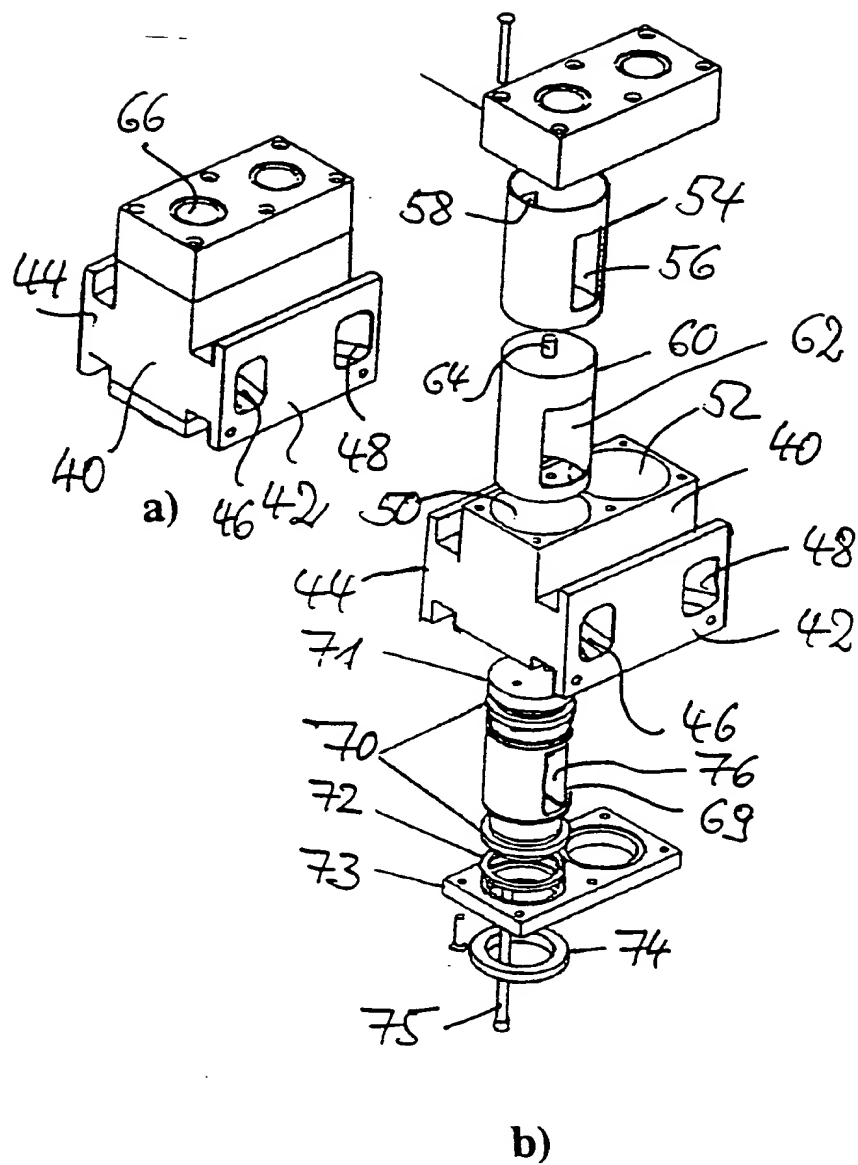


d)



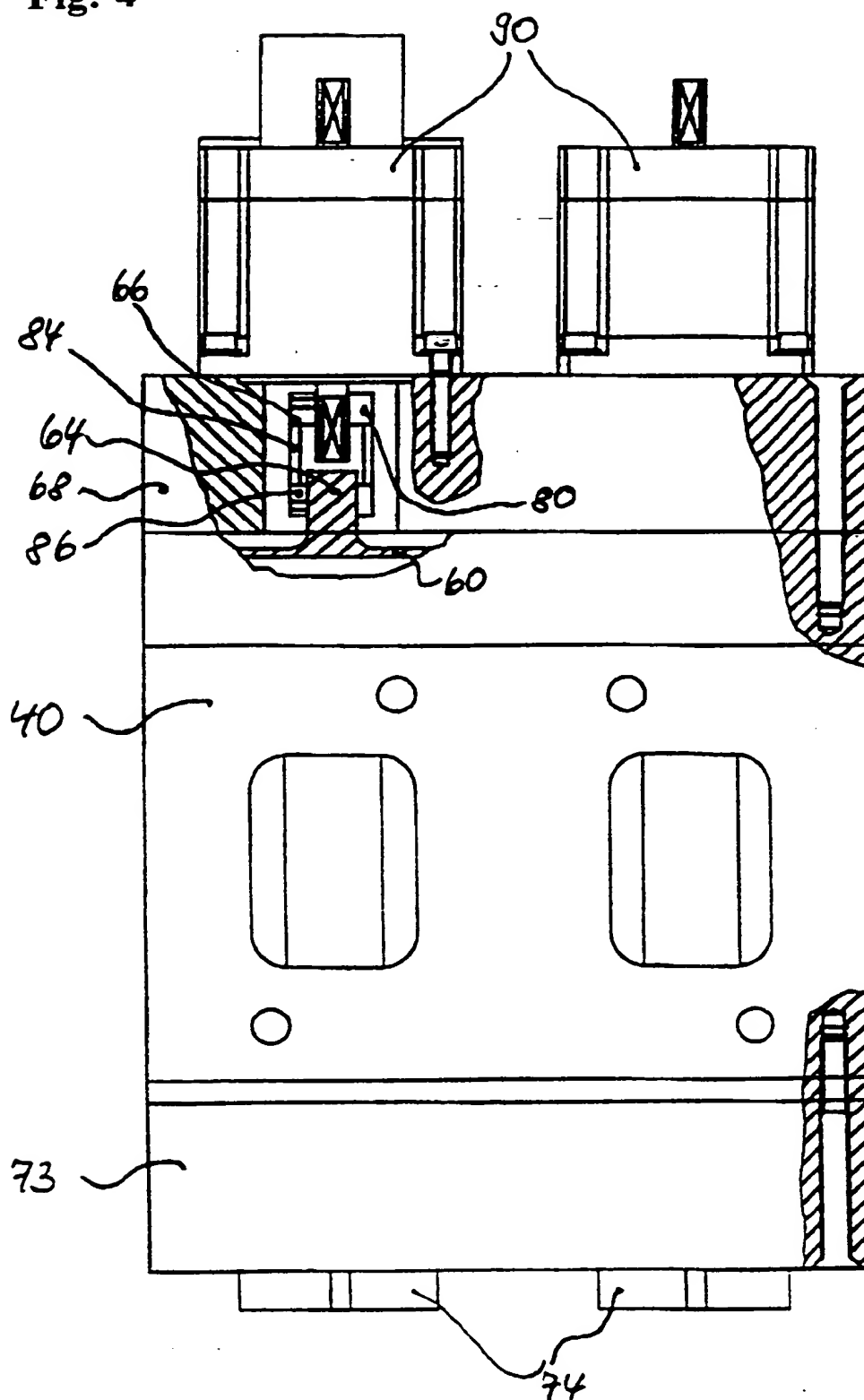
c)

mis Page Blank (uspic)

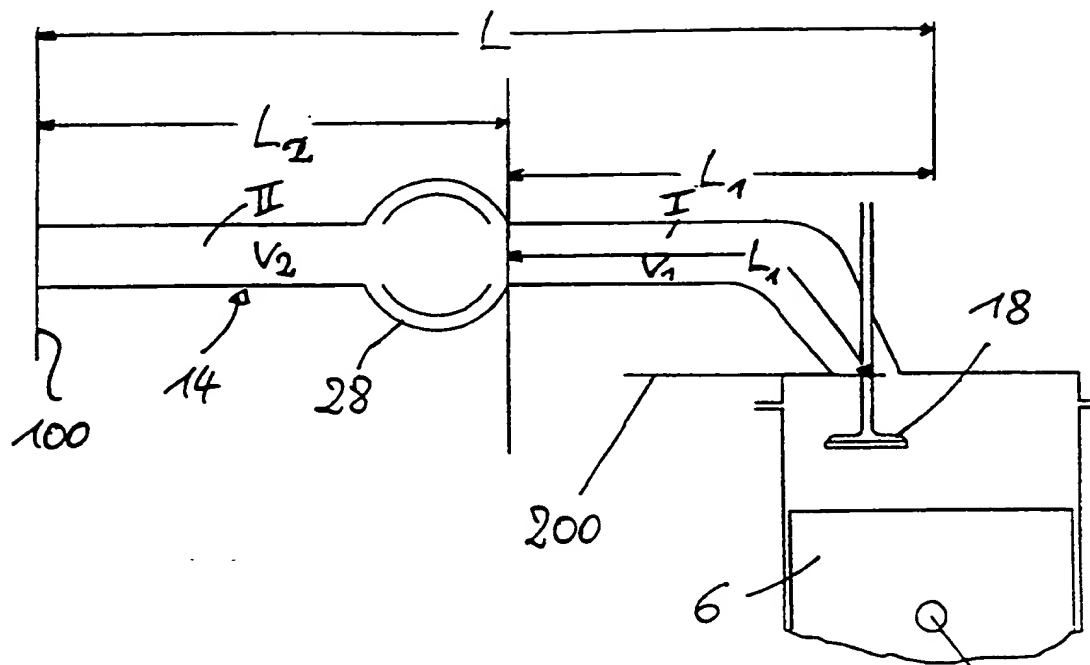
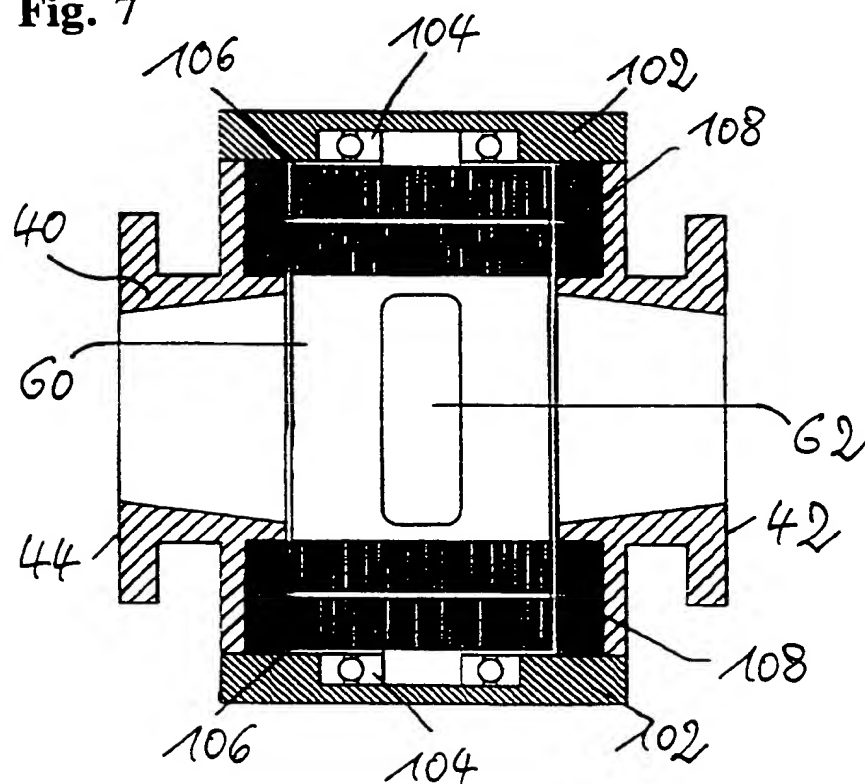
Fig. 3

... age blank (usp10)

Fig. 4



Page Blank (uspto)

Fig. 5**Fig. 7**

This Page Blank (uspto)

This Page Blank (uspto)

This Page Blank (100%)

THIS PAGE BLANK (uspto)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 99/04660

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F02B43/00 F02B29/00 F02D9/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02B F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 5 105 784 A (DAVIS RICHARD S ET AL) 21 April 1992 (1992-04-21) figures 1-3 abstract column 1, line 63 -column 2, line 35 ---	1,2, 11-13 3
A	WO 93 08394 A (TRANSCOM GAS TECH) 29 April 1993 (1993-04-29) figure 1 abstract ---	1,11
A	EP 0 829 627 A (MOTOREN WERKE MANNHEIM AG) 18 March 1998 (1998-03-18) figure 1 abstract --- -/--	1,9,11



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

6 October 1999

Date of mailing of the international search report

12/10/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Wassenaar, G

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 99/04660

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 29 38 118 A (VOLKSWAGENWERK AG) 9 April 1981 (1981-04-09) figures 1-5 abstract page 9, paragraph 1 page 9, paragraph 3 page 10, paragraph 3 ---	1,11
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 008, no. 249 (M-338), 15 November 1984 (1984-11-15) & JP 59 126031 A (YAMAHA HATSUDOKI KK), 20 July 1984 (1984-07-20) abstract ---	1,7,811
A	EP 0 514 854 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 25 November 1992 (1992-11-25) figure 1 abstract column 5, line 7 - line 58 ---	1-6,11
A	EP 0 460 820 A (JAGUAR CARS) 11 December 1991 (1991-12-11) figure 1 abstract column 2, line 43 - line 58 ---	1-6,11
A	EP 0 718 481 A (MAN NUTZFAHRZEUGE AG) 26 June 1996 (1996-06-26) figure 1 abstract ---	1,11,14
A	EP 0 786 589 A (FIAT RICERCHE) 30 July 1997 (1997-07-30) figure 1 claim 1 abstract -----	1,11,15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

...formation on patent family members

Inter national Application No

PCT/EP 99/04660

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5105784	A	21-04-1992	EP 0508508 A	14-10-1992
WO 9308394	A	29-04-1993	AU 670044 B	04-07-1996
			BR 9206674 A	28-03-1995
			CA 2122012 A	29-04-1993
			CN 1071734 A, B	05-05-1993
			EP 0680555 A	08-11-1995
			FI 941852 A	03-06-1994
			JP 7500394 T	12-01-1995
			MX 9206087 A	01-07-1993
			NO 941413 A	21-06-1994
			NZ 244840 A	24-02-1995
			SG 44622 A	19-12-1997
			US 5477840 A	26-12-1995
			ZA 9208107 A	07-05-1993
EP 0829627	A	18-03-1998	DE 19634299 A	26-02-1998
DE 2938118	A	09-04-1981	NONE	
JP 59126031	A	20-07-1984	NONE	
EP 0514854	A	25-11-1992	JP 2697448 B	14-01-1998
			JP 5039725 A	19-02-1993
			DE 69206319 D	11-01-1996
			DE 69206319 T	02-05-1996
			US 5255648 A	26-10-1993
EP 0460820	A	11-12-1991	DE 69100872 D	10-02-1994
			DE 69100872 T	07-04-1994
			JP 5071351 A	23-03-1993
			US 5205245 A	27-04-1993
EP 0718481	A	26-06-1996	DE 4446730 A	27-06-1996
EP 0786589	A	30-07-1997	IT T0960047 A	28-07-1997
			US 5867986 A	09-02-1999

This Page Blank (uspto)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PC1/EP 99/04660

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 F02B43/00 F02B29/00 F02D9/16

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F02B F02D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X A	US 5 105 784 A (DAVIS RICHARD S ET AL) 21. April 1992 (1992-04-21) Abbildungen 1-3 Zusammenfassung Spalte 1, Zeile 63 -Spalte 2, Zeile 35 ---	1,2, 11-13 3
A	WO 93 08394 A (TRANSCOM GAS TECH) 29. April 1993 (1993-04-29) Abbildung 1 Zusammenfassung ---	1,11
A	EP 0 829 627 A (MOTOREN WERKE MANNHEIM AG) 18. März 1998 (1998-03-18) Abbildung 1 Zusammenfassung --- -/--	1,9,11



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

6. Oktober 1999

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

12/10/1999

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Wassenaar, G

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PC1/EP 99/04660

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 29 38 118 A (VOLKSWAGENWERK AG) 9. April 1981 (1981-04-09) Abbildungen 1-5 Zusammenfassung Seite 9, Absatz 1 Seite 9, Absatz 3 Seite 10, Absatz 3 ---	1,11
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 008, no. 249 (M-338), 15. November 1984 (1984-11-15) & JP 59 126031 A (YAMAHA HATSUDOKI KK), 20. Juli 1984 (1984-07-20) Zusammenfassung ---	1,7,811
A	EP 0 514 854 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 25. November 1992 (1992-11-25) Abbildung 1 Zusammenfassung Spalte 5, Zeile 7 - Zeile 58 ---	1-6,11
A	EP 0 460 820 A (JAGUAR CARS) 11. Dezember 1991 (1991-12-11) Abbildung 1 Zusammenfassung Spalte 2, Zeile 43 - Zeile 58 ---	1-6,11
A	EP 0 718 481 A (MAN NUTZFAHRZEUGE AG) 26. Juni 1996 (1996-06-26) Abbildung 1 Zusammenfassung ---	1,11,14
A	EP 0 786 589 A (FIAT RICERCHÉ) 30. Juli 1997 (1997-07-30) Abbildung 1 Anspruch 1 Zusammenfassung -----	1,11,15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/04660

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5105784 A	21-04-1992	EP 0508508 A	14-10-1992
WO 9308394 A	29-04-1993	AU 670044 B	04-07-1996
		BR 9206674 A	28-03-1995
		CA 2122012 A	29-04-1993
		CN 1071734 A, B	05-05-1993
		EP 0680555 A	08-11-1995
		FI 941852 A	03-06-1994
		JP 7500394 T	12-01-1995
		MX 9206087 A	01-07-1993
		NO 941413 A	21-06-1994
		NZ 244840 A	24-02-1995
		SG 44622 A	19-12-1997
		US 5477840 A	26-12-1995
		ZA 9208107 A	07-05-1993
EP 0829627 A	18-03-1998	DE 19634299 A	26-02-1998
DE 2938118 A	09-04-1981	KEINE	
JP 59126031 A	20-07-1984	KEINE	
EP 0514854 A	25-11-1992	JP 2697448 B	14-01-1998
		JP 5039725 A	19-02-1993
		DE 69206319 D	11-01-1996
		DE 69206319 T	02-05-1996
		US 5255648 A	26-10-1993
EP 0460820 A	11-12-1991	DE 69100872 D	10-02-1994
		DE 69100872 T	07-04-1994
		JP 5071351 A	23-03-1993
		US 5205245 A	27-04-1993
EP 0718481 A	26-06-1996	DE 4446730 A	27-06-1996
EP 0786589 A	30-07-1997	IT T0960047 A	28-07-1997
		US 5867986 A	09-02-1999

This Page Blank (uspto)